

変形偶偶核 ^{168}Er の励起状態における磁気モーメント

著者	古澤 昭
号	689
発行年	1982
URL	http://hdl.handle.net/10097/24496

氏名・(本籍)	ふる さわ あきら 古 澤 昭
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 第 6 8 9 号
学位授与年月日	昭 和 57 年 2 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
最 終 学 歴	昭和35年 3 月 東北大学大学院理学研究科 (修士課程) 原子核理学専攻修了
学位論文題目	変形偶偶核 ^{168}Er の励起状態における磁気モーメント
論文審査委員	(主査) 教 授 鳥 塚 賀 治 教 授 庄 田 勝 房 助 教 授 林 部 昭 吾

論 文 目 次

第 I 章 序

第 II 章 実験方法と実験装置

- § 2-1 原子核磁気モーメントの測定法
- § 2-2 static な外部磁場によるスピン回転摂動角相関
- § 2-3 time dependent な核外場による摂動角相関
- § 2-4 static な磁場と time dependent な核外場による摂動角相関
- § 2-5 実験装置
 - (1) 摂動角相関測定装置
 - (2) 検出器における Ge(Li) の位置及び立体角補正

第 III 章 測定及び解析

- § 3-1 試料作成
- § 3-2 時間積分型スピン回転角相関

§ 3-3 time dependent な核外場による時間微分型摂動角相関

§ 3-4 1094keV 準位の寿命測定

§ 3-5 時間微分型スピン回転角相関

第IV章 考 察

§ 4-1 基底回転バンド80keV 準位の g_R factor

§ 4-2 1094keV $K\pi = 4$ -準位における g factor と 2 準陽子配位の混合

§ 4-3 バンド間転移の hindrance factor 及び1094keV $K\pi = 4$ -バンドと1542keV $K\pi = 3$ -バンドのコリオリス結合

§ 4-4 1094keV $K\pi = 4$ -バンドにおける $(g_K - g_R)$ 値と static な g factor 測定値から g_K , g_R の導出

§ 4-5 1094keV $K\pi = 4$ -バンドの g_R と慣性モーメント

§ 4-6 バンドエネルギーと 2 準中性子 2 準陽子配位混合

§ 4-7 $K\pi = 3$ -バンドの g_K , g_R 値と 2 準中性子, 2 準陽子の配位混合

第V章 結 語

謝 辞

References

論文内容要旨

I 序

変形偶偶核の低い励起状態は多くの場合、基底状態 β 振動、 γ 振動等にもとづく状態を head にもつ回転バンドが整然と現われ、約 1 MeV 以上のエネルギーになると核の内部励起による状態を head にもつ回転バンドがみられる。このような内部励起による回転バンドの内、比較的低エネルギーに現われるのは、中性子或は陽子の核子対がこわれて出来た $K=|\Omega_1 \pm \Omega_2|$ の場合が多いが、最近、中性子移行反応や陽子移行反応等の実験から、中性子或は陽子のそれぞれの核子対がこわれて出来た状態が同程度混合していると思われる例がみついている。これらのバンドメンバーのエネルギー間隔、転移強度或は角度分布の測定から原子核の慣性モーメントや磁気モーメントに関連する $(g_K - g_R)$ 値が推定出来るが、更に static な磁気モーメントが測定されれば、intrinsic g factor である g_K 、及び collective g factor である g_R が分離出来て、励起状態の性質がよく理解出来る。磁気モーメントは核子軌道における核子の存在確率をよく反映するため、g factor に関する情報、特に g_K 、 g_R 値がこれらの内部励起状態でどの様になるか、興味ある問題である。

本論文では、典型的な変形偶偶核 ^{168}Er の基底回転バンドメンバーである第 1 励起準位の磁気モーメントを、時間積分型スピン回転角相関で、更に 2 準粒子励起にもとづく回転バンドの head と思われる 1094keV 準位の磁気モーメントを、時間微分型スピン回転角相関で決定し、第 1 励起準位の g_R 、1094keV 準位の g factor を導出し、特に、1094keV 準位については、g factor に関する additivity relation を適用して中性子 2 準粒子と陽子 2 準粒子の混入割合を観察し、更に、今日迄に得られている転移強度と g factor の考察から g_K 、 g_R を導出して議論した。アイソトープ崩壊による ^{168}Er の励起準位を、第 1 図に示す。

II 実験方法と結果

時間積分型及び時間微分型スピン回転角相関の実験は東北大核理研で行ない、時間微分型摂動角相関は新潟大で行なった。試料は核理研リニアックにより $^{169}\text{Tm}(\gamma, n)^{168}\text{Tm}$ 反応により作成し、測定は、79cc Ge(Li) 及び 62cc Ge(Li) 検出器を用いて constant fraction タイプの fast 回路による fast slow coincidence system で行なった。第 1 励起状態に関しては、第 1 図における 815.6—79.8keV カスケードについて外部磁場中においてのスピン回転を時間積分型で測定し、外部磁場の up down に対し第 2 図の様に角相関パターンのずれ $\Delta\theta$ が観測され、これより $g=0.31 \pm 0.03$ が得られた。これを過去に行なわれた結果と共に表 1 に示した。今回のものは時間積分型スピン回転角相関以外の方法によるものとよい一致を示す。

1094keV 準位については、まづ、447.5—198.2keV カスケードにより半減期を測定し、第 3 図から $T_{1/2}=112.5 \pm 1.0\text{ns}$ を得た。次に 447.5—99.3keV カスケードについて、時間微分型の摂

動角相関を HCl, HNO₃ 及び HI 溶液で測定し, (但し 99.3keV γ 線の検出には NaI 検出器を使用) HI 溶液での測定が最も relaxation time が長いことを確認した。これにより, 時間微分型スピン回転角相関は HI 溶液で行なうこととした。更に 815.9—79.8keV 及び 741.8keV の各カスケードについて微分型摂動角相関を測定し, 447.5—99.3keV カスケードの結果とあわせて, 1094keV 準位に関する g factor として $g = \pm(0.26 \pm 0.06)$ を得た。447.5—99.3keV カスケードに関しての HI 溶液中での測定結果を第 4 図に示す。最後に, 447.5—830keV カスケードについて外部磁場中におけるスピン回転を, 時間微分型スピン回転角相関で測定し, 第 5 図の様な振動パターンが得られた。これより, ラーマー振動数 ω_B を求め, g factor を導出して $g = 0.24 \pm 0.01$ を得た。表 2 にこの結果を示す。1094keV 準位の g factor に関しては今日迄まちまちであり, 又, 中性子共鳴法によるものは, 非常に誤差が大きい。今回得られたものは, 2 台の Ge(Li) 検出器を用いたことにより, 他のカスケードからの寄与を少くしたこと, 時間分解能が以前のものよりよいこと, アニソトロピーが以前のものより大きいカスケードを利用したこと等により, 信頼のおけるものと思われる。尚, 時間分解能は ²²Na の消滅 γ である 511keV γ 線を用いての測定では約 9.2n sec であった。

III 考 察

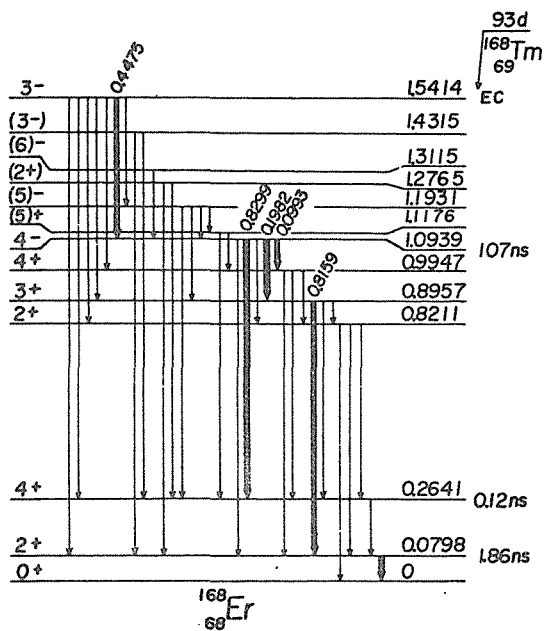
第 1 励起状態について得られた $g = 0.31 \pm 0.03$ は, 変形偶偶核の基底バンドにおける集団的な g factor として通常の値であり, ¹⁶⁸Er 近辺の変形中性子核と変形陽子核に関する g factor 値のほぼ中間値を示す。従って今日迄の理論的考察で大体説明される。一方, 1094keV 準位については, 中性子移行反応による実験等で, ニルソン軌道 $\{ [7/2 + 633 \uparrow]_n + [1/2 - 521 \downarrow]_n \}$ 配位による 2 準中性子状態のバンド head であると考えられてきたが, 本実験で得られた結果である $g = 0.24 \pm 0.01$ の値は, ¹⁶⁸Er 近辺の中性子奇核の g factor 値を用いて, g factor に関する additivity relation を適用すると 2 準中性子配位のみでは説明出来ない。しかし, もし陽子数 68 のフェルミ準位近辺のニルソン軌道である $\{ [7/2 - 523 \uparrow]_p + [1/2 + 411 \downarrow]_p \}$ の 2 準陽子状態が 25 \pm 2% 程度混入すると考えれば説明出来る。又ごく最近の (n, γ) 反応による実験報告の γ 転移強度と, 本実験で得られた g factor の値とを考慮すると, $g_K = 0.24 \pm 0.02$, $g_R = 0.25 \pm 0.03$ が得られる。この g_K 値からも約 25% 程度の 2 準陽子状態の混入が予想され, 又 g_R 値は基底バンドに於ける g_R 値よりも小さくて 2 準中性子配位による慣性モーメントが基底バンドより大きくきいていることを暗示する。更に, (n, γ) 反応による実験報告では, 1094keV バンドの second family として 1905keV 準位を head とする回転バンドをみつけているが, この近辺の核における $\{ [7/2 + 633 \uparrow]_n + [1/2 - 521 \downarrow]_n \}$ 配位, 及び $\{ [7/2 - 523 \uparrow]_p + [1/2 + 411 \downarrow]_p \}$ 配位に関して, pure 或は pure に近いと思われる状態についての実験的に得られるエネルギー値の差と, ¹⁶⁸Er における 1094keV と 1905keV のエネルギー差を比較するとやはり 1094keV 準位に対して 20~30% の 2 準陽子状態の混入を暗示する。又 1542keV $K\pi = 3^-$ 準位と 1094keV $K\pi = 4^-$

準位とのコリオリス結合によるバンド混合に関しては、摂動として取扱うと、1094KeV 準位への混入振巾として約0.5%以下であり、更に $^{168}\text{Er}_{100}$ と同じ中性子数100である $^{172}\text{Hf}_{100}$, $^{170}\text{Yb}_{100}$ と比較して1094keV $K\pi = 4^-$ バンドのメンバーにまけるエネルギー間隔値のスピンの対する振舞からも ^{168}Er の1094keV バンドにはあまりバンド混合が大きくなり、バンド混合による g factor 値への影響はあまりないと思われる。

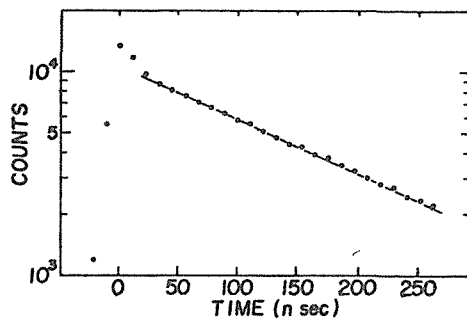
IV 結 語

本研究は変形偶偶核の励起状態についての g factor を求め、主として磁氣的性質の面から励起状態に関して議論した。実験に関しては、主に Ge(Li)–Ge(Li)検出器を用い、最近のエレクトロニクス装置を駆使して測定を行なったため、従来よりかなり改善された結果が得られたと思われる。特に1094keV 準位に対する g factor 値は従来まちまちであり、又中性子共鳴法によるものは誤差が大きすぎて確かな議論が出来なかったが、本実験によりはっきりさせることが出来、又精度をあげることも出来た。この実験により得られた1094keV 準位に関する g factor 値から、考察で述べた様に、従来考えられて来た2準中性子配位だけでは説明出来ず、いろいろな角度から、約20～30%の2準陽子配位の混入で説明出来ることを得た。この様な配位混合は今日迄に ^{178}Hf , ^{176}Hf について議論されて来ており、ごく最近では ^{166}Er , ^{172}Yb についての報告がある。しかしこれ以外はあまり報告がないが、第6図に $^{170}\text{Yb}_{100}$ のニルソン軌道について計算された例を示した様に、中性子、陽子それぞれのフェルミ準位近辺でそれぞれの2準粒子配位が同じKバンドを作る場合はその可能性がある。中性子、陽子移行反応と同様に、これらのバンドにおける磁気モーメントを測定することにより詳細な議論が期待される。

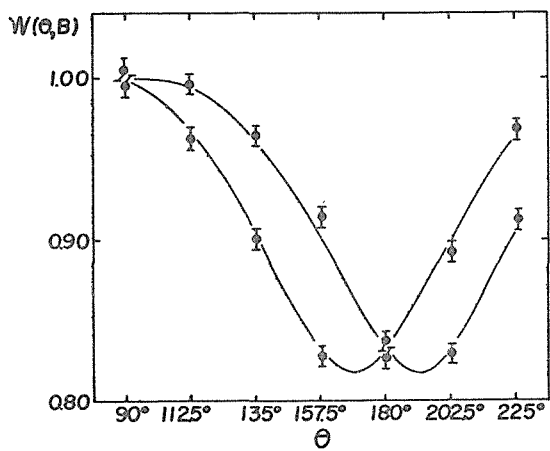
又、磁気モーメントと γ 転移強度比をあわせ考慮することにより得られる g_K , g_R 値と励起準位の詳細な議論も期待される。



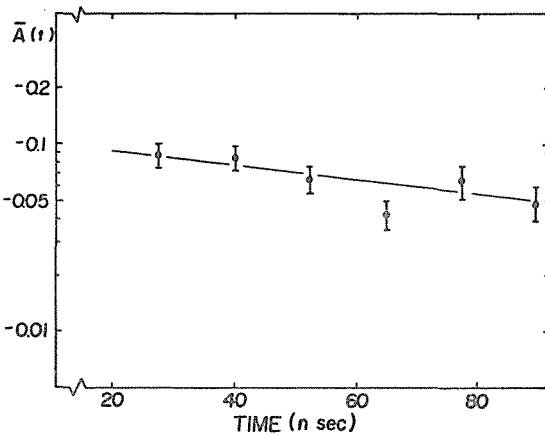
第 1 图



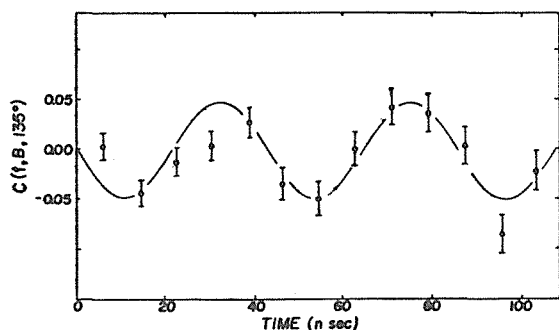
第 3 图



第 2 图



第 4 图



第 5 图

	—— $\frac{1}{2}^- [541]$	
W	—— $\frac{1}{2}^+ [412]$	$\frac{1}{2}^+ [623]$ ——
H ₁	—— $\frac{1}{2}^- [514]$	$\frac{1}{2}^- [513]$ ——
	—— $\frac{1}{2}^+ [402]$	
Y _b		$\frac{1}{2}^- [512]$ ——
	—— $\frac{1}{2}^- [411]$	$\frac{1}{2}^- [521]$ ——
E _f	--- (68) ---	$\frac{1}{2}^+ [633]$ —— (100) —
	—— $\frac{1}{2}^- [523]$	
D _y		$\frac{1}{2}^- [523]$ ——
	—— $\frac{3}{2}^+ [411]$	$\frac{1}{2}^+ [642]$ ——
G _d	===== $\frac{1}{2}^+ [413]$	$\frac{1}{2}^- [505]$ =====
	===== $\frac{1}{2}^- [532]$	$\frac{1}{2}^- [521]$ =====
		$\frac{1}{2}^+ [651]$ ——
proton		neutron

第 6 图

Level energy (keV)	<i>g</i> factor	Method	Reference
79.8	0.31 ± 0.03	IPAC ^a	Present
	0.27 ± 0.03	IPAC ^a	8
	0.333 ± 0.0008	ME ^b	9
	0.305 ± 0.010	RIGV ^c	10
	0.348 ± 0.029	CETD ^d	11

^a IPAC: Time-integral perturbed (rotated) angular correlation.

^b ME: Mössbauer effect.

^c RIGV: Recoil into gas and/or vacuum.

^d CETD: Time-differential perturbed angular distribution of γ rays following Coulomb excitation.

第 1 表

Level energy (keV)	<i>g</i> factor	Method	Reference
1093.9	0.24 ± 0.01	DPAC ^a	Present
	0.45 ± 0.02	DPAC ^a	5
	-0.11 ± 0.18	NRES ^b	6
	0.22 ± 0.10	NRES ^b	7

^a DPAC: Time-differential perturbed (spin rotation) angular correlation.

^b NRES: Neutron resonance energy shift.

第 2 表

論文審査の結果の要旨

本論文は変形偶偶核 ^{168}Er の励起準位の g 値を求め、主として磁氣的性質の面から原子核構造について議論した。実験はカスケードのガンマ線の角相関を測定しており、主として Ge(Li) — Ge(Li) 検出器を用い、最近のエレクトロニクス技術を駆使し、試料の作製に十分な注意を払い、信頼出来る結果が得られている。

研究は基底回転バンドメンバーである第 1 励起準位 (79.8keV) と 2 準粒子励起にもとづく回転バンドのヘッドと思われる 1094keV 準位について行われた。特に 1094keV 準位の今日までの g 値はまちまちで、また中性子共鳴法によるものは誤差が大きすぎて確かな議論が出来なかったが、本実験によりはっきりさせることが出来た。実験では 79.8keV (平均寿命 2.68ns) に対し時間積分型スピンの回転角相関を、1094keV 準位 (112ns) には時間微分型スピンの回転角相関を用いた。

79.8keV 準位については、815.6—79.8keV カスケードを用い、外部磁場の向きの上下に対し角相関パラメーターのずれ $\Delta\theta$ が観測され、それから $g=0.31\pm0.03$ が得られた。この値は過去の測定値ともよく一致している。1094keV 準位については 447.5—830keV カスケードについて外部磁場中におけるスピンの回転を測定し、得られた摂動パターンからラーマー振動数を求め、 $g=0.24\pm0.01$ を得た。今回のものは、2 台の Ge(Li) 検出器を用いたことにより、他のカスケードからの寄与を少なくしたこと、時間分解能が以前のものよりよいこと、アニソトロピーが以前のものより大きなカスケードを利用したこと等により信頼のおけるものと思われる。

第 1 励起準位について得られた $g=0.31\pm0.03$ は変形偶偶核の基底バンドにおける集団的な g 項として通常の値を示しており、今までの理論で大体説明出来る。一方 1094keV 準位については、中性子移行等の実験から 2 準中性子状態のバンドヘッドであると考えられてきたが $g=0.24\pm0.01$ は 2 準中性子配位のみでは説明できない。ここで著者はもし 2 準陽子状態が 25% 程度混入すると考えれば説明できると示唆している。

以上の結果は変形偶偶核 ^{168}Er の励起状態の磁気モーメントを測定して核構造の解明に多大の知見を加えたもので、この結果は、古澤昭は自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって古澤昭提出の論文は理学博士の論文として合格と認める。